

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international**



**(43) Date de la publication internationale  
19 juin 2003 (19.06.2003)**

**PCT**

**(10) Numéro de publication internationale  
WO 03/050632 A2**

**(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G05D 1/10**

DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

**(21) Numéro de la demande internationale :**

PCT/BE02/00185

**(22) Date de dépôt international :**

10 décembre 2002 (10.12.2002)

**(25) Langue de dépôt :**

français

**(84) États désignés (régional) :** brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(26) Langue de publication :**

français

**(30) Données relatives à la priorité :**

2001/0811 13 décembre 2001 (13.12.2001) BE

**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

**(71) Déposant et**

**(72) Inventeur :** BRICODE, Philippe, L. [BE/BE]; Avenue de Messidor 190/8, B-1180 BRUXELLES (BE).

**(74) Mandataires :** ADYNS, Gilbert etc.; OFFICE KIRK-PATRICK, Avenue Wolfers, 32, B-1310 La Hulpe (BE).

**(81) États désignés (national) :** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,

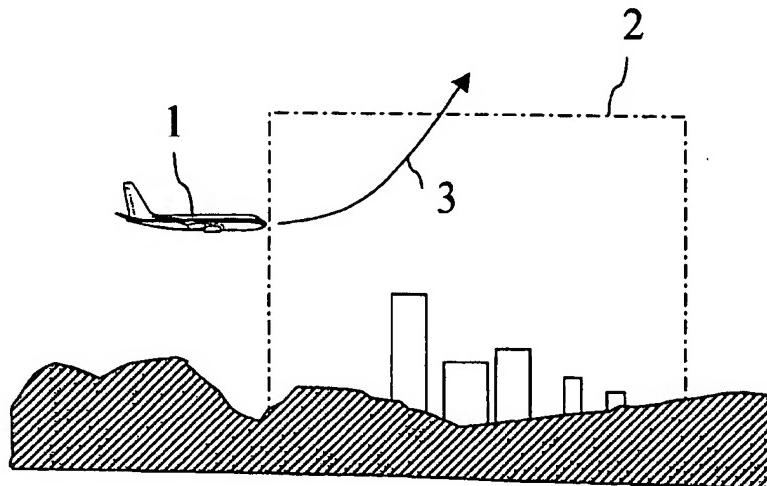
En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

**(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATICALLY MONITORING AND CONTROLLING AN AIRCRAFT PATH**

**(54) Titre : METHODE ET DISPOSITIF DE SURVEILLANCE ET DE CONTRÔLE AUTOMATIQUE DE LA TRAJECTOIRE D'UN AERONEF.**



WO 03/050632 A2



**(57) Abstract:** The invention concerns a method which consists in comparing the position of an aircraft (1) relative to at least one safety volume (2) whereof the coordinates are stored onboard the aircraft (1). As soon as the aircraft (1) is detected to be entering the at least one safety volume (2), autoflight means are automatically activated hence not involving human intervention and pilot the aircraft (1) along a clearance path (3) of the safety volume (2), until the aircraft (1) leaves the safety volume (2).

**(57) Abrégé :** Méthode consistant à comparer la position d'un aéronef (1) par rapport à au moins un volume de sécurité (2) dont les coordonnées sont

mémorisées à bord de l'aéronef (1). Aussitôt qu'il est détecté que l'aéronef (1) pénètre dans l'au moins un volume de sécurité (2), des moyens de pilotage automatique sont activés automatiquement - donc sans intervention humaine - et pilotent l'aéronef (1) selon une trajectoire de dégagement (3) du volume de sécurité (2), jusqu'à ce que l'aéronef (1) soit sorti du volume de sécurité (2).

**Méthode et dispositif de surveillance et de contrôle automatique de la trajectoire d'un aéronef**

**Domaine de l'invention**

5        L'invention se rapporte à une méthode et un dispositif de pilotage automatique d'un aéronef à bord duquel a été mémorisé un ensemble de coordonnées déterminant au moins un volume de sécurité.

**10 État de la technique**

Des méthodes de pilotage automatique sont bien connues dans le domaine aéronautique. Elles consistent à piloter automatiquement, donc sans intervention humaine, un aéronef afin que celui-ci suive une trajectoire déterminée.

15      Cette trajectoire dépend généralement d'un plan de vol bien établi.

Le brevet JP 11-044551 décrit de plus un système de navigation qui permet de tenir compte de zones dangereuses, telles qu'une montagne ou une zone à fortes perturbations atmosphériques, et de calculer une trajectoire alternative qui évite ces zones dangereuses. Les coordonnées de ces zones dangereuses, encore appelés volumes de sécurité, sont généralement mémorisées à bord de l'aéronef, par exemple dans une base de données de navigation. La trajectoire alternative est fournie au pilote automatique qui se charge ensuite de piloter l'aéronef afin qu'il suive cette trajectoire alternative.

Bien que de telles méthodes de pilotage automatique fonctionnent généralement bien, il est désirable 30 d'améliorer la sécurité de ces méthodes.

**Résumé de l'invention**

Le but de l'invention est de fournir une méthode et un dispositif de surveillance et de contrôle automatique de la trajectoire d'un aéronef garantissant une plus grande  
5 sécurité.

A cette fin, la méthode de pilotage automatique d'un aéronef selon l'invention est caractérisée en ce que la méthode comporte les étapes suivantes :

- 10 - surveiller si l'aéronef se trouve dans l'au moins un volume de sécurité en comparant des coordonnées de position de l'aéronef par rapport aux coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité;
- fournir une trajectoire de dégagement de l'au moins un  
15 volume de sécurité et automatiquement activer des moyens de pilotage automatique de l'aéronef selon ladite trajectoire de dégagement dès que l'aéronef se trouve dans l'au moins un volume de sécurité;

20 Dans les méthodes connues, c'est un pilote de l'aéronef qui enclenche le pilote automatique. Il y a donc un risque que le pilote automatique ne soit pas enclenché, soit par oubli, soit par incapacité, soit par empêchement, ou pour toute autre raison liée au facteur humain. La  
25 méthode selon l'invention permet de réduire ce risque et de mieux s'assurer que si un aéronef pénètre dans le volume de sécurité, l'aéronef effectuera automatiquement une manœuvre de dégagement dudit volume. En effet, la méthode selon l'invention active automatiquement la manœuvre de  
30 dégagement automatique, donc sans intervention humaine.

Un tel volume de sécurité peut par exemple être un volume de sécurité autour d'une montagne, mais également un volume de sécurité autour d'une zone occupée par des

personnes, telle que par exemple une zone d'habitation. Dans ce dernier cas, la méthode selon l'invention permet d'empêcher des actes terroristes tels que des actes visant à faire s'écraser l'aéronef sur la zone occupée, étant donné que le pilote automatique est enclenché automatiquement et qu'il pilotera l'aéronef selon la trajectoire de dégagement de la zone.

L'aéronef ne doit pas nécessairement être en vol pour que la méthode s'applique. La méthode peut effectivement être appliquée lorsque l'aéronef est au sol, par exemple avant une phase de décollage ou après une phase d'atterrissement. Dans ce cas, la trajectoire de dégagement sera une trajectoire de dégagement au sol.

15

La méthode selon l'invention peut également comporter une étape d'enregistrement des coordonnées du volume de sécurité dans des moyens de mémorisation à bord de l'aéronef. Ceci permet également d'accroître la sécurité en contrôlant mieux la manière dont les coordonnées sont enregistrées, par exemple en appliquant des méthodes d'encodage et éventuellement d'encryptage des coordonnées.

De préférence la méthode selon l'invention comprend une étape de désactivation automatique de tout autre moyen de pilotage de l'avion une fois les moyens de pilotage automatique de l'aéronef selon la trajectoire de dégagement activés. De cette manière, aucun autre moyen de pilotage ne permet de modifier la trajectoire de l'aéronef tant que l'aéronef se trouve dans le volume de sécurité. Dans le cas d'une tentative d'écrasement volontaire de l'aéronef par une action terroriste, ceci permet en effet d'empêcher

qu'une personne ne force l'aéronef à s'écraser par exemple par un pilotage manuel.

Il est également préférable qu'une fois les moyens de 5 pilotage automatique de l'aéronef selon la trajectoire de dégagement activés, ces moyens de pilotage automatiques ne puissent plus être désactivés tant que l'aéronef se trouve dans le volume de sécurité. Dans le cas d'une tentative d'écrasement volontaire de l'aéronef par une action 10 terroriste, ceci permet en effet d'empêcher qu'une personne ne désactive les moyens de pilotage automatique selon la trajectoire de dégagement.

#### 15 Brève description des figures

Ces aspects ainsi que d'autres aspects de l'invention seront clarifiés dans la description détaillée de modes de réalisation particuliers de l'invention, référence étant faite aux dessins des figures, dans lesquelles :

20

Fig.1 montre un organigramme d'une méthode de pilotage automatique selon l'état de la technique ;

25

Fig.2a montre un organigramme correspondant à un exemple des étapes d'une méthode de pilotage automatique selon l'invention;

Fig.2b montre un organigramme correspondant à un exemple d'une étape supplémentaire d'une méthode de pilotage automatique selon l'invention ;

30

Fig.3 montre une vue en coupe verticale d'un exemple illustrant le principe de l'invention ;

Fig.4 montre une vue en perspective d'un exemple de volume de sécurité selon l'invention;

Fig.5a, 5b montrent des exemples de trajectoire de dégagement selon l'invention;

5 Fig.6 est un organigramme correspondant à un exemple des étapes d'une méthode préférée de pilotage automatique selon l'invention;

Fig.7 montre un schéma simplifié d'un système connu de pilotage d'avion;

Fig.8 montre un schéma synoptique d'un exemple de dispositif de pilotage selon l'invention;

10 Fig.9 montre un schéma synoptique d'un exemple de dispositif préféré de pilotage selon l'invention;

Fig.10 montre un schéma synoptique d'un autre exemple de dispositif préféré de pilotage selon l'invention;

15 Les figures ne sont pas dessinées à l'échelle.

Généralement, des éléments semblables sont dénotés par des références semblables dans les figures.

## 20 Description détaillée de modes de réalisation particuliers

La figure 1 montre un organigramme d'une méthode de pilotage automatique selon l'état de la technique. On remarque que le passage d'un pilotage manuel vers un 25 pilotage automatique de l'aéronef (1) se fait de manière manuelle, c'est à dire que le pilotage automatique est activé suite à une action d'une personne, généralement un pilote de l'aéronef (1).

30 Une fois en mode de pilotage automatique, l'aéronef (1) suit automatiquement une trajectoire déterminée, selon un plan de vol bien établi. Le brevet JP 11-044551 décrit de plus la possibilité pour que ladite trajectoire tienne

compte de zones dangereuses, telles que des montagnes ou des zones à fortes perturbations atmosphériques, et soit donc calculée ou recalculée pour éviter de telles zones. On comprendra aisément que cette méthode n'est efficace que si 5 on peut s'assurer que le pilotage automatique est bel et bien activé et éventuellement qu'il reste activé. Or, rien n'est moins sur, en particulier dans le cas d'une action terroriste visant à faire s'écraser l'aéronef (1) par exemple.

10

Selon un premier aspect de l'invention, il s'agit d'une méthode qui comporte un certain nombre d'étapes, comme illustré par un exemple d'organigramme dans la fig.2a. Dans cet exemple, on part d'une situation où 15 l'aéronef (1) est dans un mode de pilotage manuel ou automatique normal. On acquiert ensuite la position de l'aéronef (1), par exemple au moyen de techniques telles que le GPS, les centrales inertielles, le radiobalisage et/ou toute combinaison de ces techniques et/ou d'autres 20 techniques. On compare ensuite ladite position de l'aéronef (1) par rapport au volume de sécurité (2) tel que mémorisé à bord de l'aéronef (1). Cette comparaison est effectuée pour chaque volume de sécurité (2) mémorisé. Si l'aéronef (1) ne se trouve dans aucun des volumes de sécurité, on 25 continue le pilotage manuel ou automatique normal. Par contre, dès qu'il est détecté que l'aéronef (1) se trouve dans un des volumes de sécurité, on fournit une trajectoire de dégagement (3) de ce volume de sécurité (2) et on active automatiquement le pilotage automatique en lui dictant de 30 suivre la trajectoire de dégagement (3), ce qui aura pour effet que l'aéronef (1) quittera automatiquement le volume de sécurité (2). Tout au long de la manœuvre de dégagement, on continue à acquérir la position de l'aéronef (1) et à

comparer cette position au volume de sécurité (2). Dès que l'aéronef (1) a quitté le volume de sécurité (2), on revient automatiquement au pilotage manuel ou automatique normal.

5

La méthode selon l'invention peut également comporter une étape supplémentaire d'enregistrement de l'au moins un volume de sécurité (2) dans des moyens de mémorisation (52) à bord de l'aéronef (1), comme illustré à la fig.2b. Un tel volume de sécurité (2) peut par exemple être un volume maillé défini par un ensemble de nœuds dont on mémorise les coordonnées. On peut ainsi par exemple appliquer des méthodes d'encodage et éventuellement d'encryptage desdites coordonnées afin de garantir une meilleure sécurité de ces 15 coordonnées.

La fig.3 montre une vue en coupe verticale d'un exemple de volume de sécurité (2) dans lequel un aéronef (1) pénètre et de trajectoire de dégagement (3) du volume de sécurité (2) imposée à l'aéronef (1) en application de la méthode de pilotage automatique selon l'invention. Dans cet exemple, le volume de sécurité (2) est un parallélépipède que l'aéronef (1) pénètre par un de ses flancs alors qu'il vole substantiellement en ligne droite. 25 Dans un tel cas, la trajectoire de dégagement (3) correspond à une simple prise d'altitude de l'aéronef (1).

La fig.4 montre une vue en perspective d'un autre exemple de volume de sécurité (2) selon l'invention. Dans ce cas, le volume de sécurité (2) est constitué d'un 30 ensemble de parallélépipèdes attenants les uns aux autres afin de former un volume continu. Un tel type de volume peut être utile pour protéger des zones urbaines par

exemple, tout en offrant un ou des couloirs permettant le passage normal de l'aéronef (1), par exemple en vue d'un atterrissage sur un aéroport proche.

5        D'autres types et formes de volumes de sécurité peuvent être imaginés en fonction des conditions de terrain et de protection particuliers, tels que des polyèdres réguliers ou irréguliers ou des corps ronds, voire même des volumes complexes, et sans pour autant se distinguer de  
10      l'esprit de l'invention.

De préférence, la trajectoire de dégagement (3) du volume de sécurité (2) en application de la méthode de pilotage automatique selon l'invention est une trajectoire 15 qui serait obtenue si l'aéronef (1) était piloté pour lui faire prendre de l'altitude au maximum de ces possibilités, tel que par exemple en actionnant un gouvernail de profondeur (32) de l'aéronef (1) au maximum de sa course.

20       Les figs.5a et 5b montrent des exemples de telles trajectoires de dégagement.

Dans la fig.5a, on voit en perspective un volume de sécurité (2) (2a) de forme parallélépipédique et des trajectoires de dégagement (3a, 3b), correspondant 25 respectivement aux points et angles d'attaque du volume de sécurité (2) indiqué par les trajectoires (4a, 4b) de l'aéronef (1).

Dans la fig.5b, on voit en coupe verticale un volume de sécurité (2) préféré, tel qu'un volume de forme 30 substantiellement pyramidale ou conique, ledit volume enveloppant une zone à protéger (5). On y voit aussi des trajectoires de dégagement (3c, 3d) correspondant respectivement aux points et angles d'attaque du volume de

sécurité (2) indiqué par les trajectoires (4c, 4d) de l'aéronef (1).

D'autres trajectoires de dégagement peuvent être 5 imaginées en fonction de la forme du volume de sécurité (2) et de la position, la vitesse et la direction de l'aéronef (1) lorsqu'il entre dans le volume de sécurité (2), et sans pour autant se distinguer de l'esprit de l'invention.

10 La fig.6 est un organigramme correspondant à un exemple des étapes de méthodes préférées de pilotage automatique selon l'invention. Comme on peut le voir, selon une méthode préférée, une première étape supplémentaire intervient lorsque le pilotage automatique selon la 15 trajectoire de dégagement (3) de l'aéronef (1) à été automatiquement activé. Cette première étape supplémentaire consiste à désactiver automatiquement tout autre moyen de pilotage de l'aéronef (1), tel qu'un moyen de pilotage manuel par exemple. En effet, bien que dans la plupart des 20 cas il soit désirable que le pilote garde le contrôle de l'aéronef, il peut s'avérer nécessaire que cette possibilité ne lui soit pas offerte. C'est en particulier à nouveau le cas lors d'actes terroristes tels que des actes visant à faire s'écraser un aéronef sur une zone occupée. 25 Il ne faut en effet pas que le terroriste puisse superviser l'aéronef et forcer une trajectoire différente de la trajectoire de dégagement (3) par un pilotage manuel par exemple.

Selon une autre méthode préférée, une deuxième étape 30 supplémentaire intervient également lorsque le pilotage automatique selon la trajectoire de dégagement (3) de l'aéronef (1) à été automatiquement activé. Cette deuxième étape supplémentaire consiste à ne pas autoriser une

désactivation du pilotage automatique selon la trajectoire de dégagement (3). Pour les mêmes raisons, ceci permet en effet d'éviter qu'un terroriste ne puisse superviser l'aéronef (1) et forcer une trajectoire différente de la 5 trajectoire de dégagement (3) par une désactivation du pilotage automatique.

Dans une méthode selon l'invention comportant la première et la deuxième étape supplémentaire, l'aéronef (1) agit de manière totalement autonome et aucune personne à 10 bord de l'aéronef (1) ne peut piloter l'aéronef (1) pendant essentiellement toute la durée de la trajectoire de dégagement (3).

Réiproquement, le volume de sécurité (2) peut 15 également représenter un volume obligatoire. L'invention concerne donc aussi une méthode de pilotage automatique dont le but est de maintenir l'aéronef (1) dans le volume de sécurité (2). Cette méthode est similaire à la méthode décrite ci-dessus, si ce n'est que dans ce cas le pilote 20 automatique est activé automatiquement dès que l'aéronef (1) quitte le volume de sécurité (2) afin de piloter l'aéronef (1) suivant une trajectoire de réinsertion dans le volume de sécurité (2). Une telle méthode peut être utilisée par exemple lorsqu'il est plus simple de définir 25 un volume de sécurité (2) obligatoire que de définir un volume de sécurité (2) interdit, tel que lors de phases de décollage et/ou d'atterrissage de l'aéronef (1).

Selon un deuxième aspect de l'invention, il s'agit 30 d'un dispositif de pilotage automatique d'un aéronef (1). Pour des raisons de simplification, le dispositif sera décrit pour un avion de ligne classique, bien qu'il soit également applicable à tout autre aéronef (1).

De manière simplifiée, un avion se pilote au moyen d'actionneurs (30) qui répondent à des ordres provenant d'organes de commande.

La fig.7 montre un schéma simplifié d'un système connu de pilotage d'avion. On y voit un minimanche qui est un exemple d'organe de commande manipulé par un pilote. Le minimanche envoie un ordre à un calculateur de commandes de vol (21) qui fournit des consignes à des servocommandes (22) agissant sur des actionneurs (30) tels que gouvernail de direction (33), gouvernail de profondeur (32) et ailerons (31). Ainsi, lorsque le pilote manœuvre le minimanche, les actionneurs (30) répondent à sa demande en conséquence, ce qui permet de diriger l'avion. Il en va de même pour la commande des gaz du ou des moteurs (34).

Lorsque le pilote enclenche le pilote automatique, c'est ce dernier qui donne les ordres au calculateur de commandes de vol (21) suivant un plan de vol bien établi.

Dans un mode de réalisation du dispositif selon l'invention, le dispositif comporte des moyens (42) pour recevoir les coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité (2) décrit ci-dessus, des moyens (41) pour recevoir des coordonnées de position de l'avion (1), et des moyens de comparaison (43) entre la position de l'avion (1) et le volume de sécurité (2), tel qu'indiqué à la fig.8 . L'évaluation de coordonnées de position de l'avion (1) par rapport aux coordonnées déterminant le volume de sécurité (2) permet en effet de déterminer si l'avion se trouve ou non dans le volume de sécurité (2). Le dispositif comporte également des moyens (44) pour fournir une trajectoire de dégagement du volume de sécurité (2), et des moyens (45) pour envoyer des ordres au calculateur de commandes de vol (21) qui - en fonctionnement - font automatiquement suivre

à l'avion la trajectoire de dégagement (3) dès que les moyens de comparaison (43) ont déterminé que l'avion (1) se trouve dans le volume de sécurité (2). Ainsi, le dispositif de pilotage automatique selon l'invention prend 5 automatiquement les commandes de l'avion lorsque l'avion pénètre le volume de sécurité (2), et il pilote l'avion afin que celui ci sorte du volume de sécurité (2).

Les coordonnées déterminant l'au moins un volume de 10 sécurité (2) peuvent être mémorisées dans des moyens de mémorisation existants dans l'avion, tel qu'une base de données de navigation par exemple.

De préférence, le dispositif de pilotage automatique selon l'invention comporte ses propres moyens (52) de 15 mémorisation des coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité (2), comme on peut le voir à la fig.9. Ceci permet en effet d'assurer une plus grande inviolabilité desdites coordonnées en rendant plus difficile la fourniture au dispositif de coordonnées 20 volontairement erronées.

Les coordonnées de la position de l'avion peuvent provenir d'un système existant, tel qu'un système GPS, un système inertiel, un système de radiobalises, ou toute combinaison de tels systèmes et/ou d'autres systèmes.

De préférence, le dispositif de pilotage automatique selon l'invention comporte ses propres moyens (51) de 25 détermination des coordonnées de position de l'avion, comme on peut également le voir à la fig.9. Ceci permet également d'assurer une plus grande inviolabilité desdites 30 coordonnées de position en rendant plus difficile la fourniture au dispositif de coordonnées volontairement erronées.

Avantageusement, le dispositif de pilotage selon l'invention comporte des moyens (60) pour automatiquement désactiver tout autre moyen de pilotage de l'avion lorsque les moyens de comparaison (43) ont déterminé - en 5 fonctionnement - que l'avion (1) se trouve dans le volume de sécurité (2). Ainsi, le dispositif de pilotage selon l'invention est le seul maître à bord tant que l'avion se trouve dans le volume de sécurité (2). Ces moyens (60) de désactivation sont désactivés lorsque l'avion est sorti du 10 volume de sécurité (2), ce qui permet à partir de ce moment de reprendre le contrôle de l'avion par des moyens classiques, tel que par un pilotage manuel par exemple.

La fig.10 montre un exemple d'un tel dispositif dans le cas d'un système où les ordres de pilotage sont fournis au 15 calculateur de commandes de vol (21) par le biais de signaux électriques provenant des différents moyens de commande : minimanche (20a) et manettes des gaz (20b) pour le pilotage manuel et système (20c) de pilotage automatique pour le pilotage automatique normal. Lorsque les moyens de 20 comparaison (43) ont détecté que l'avion se trouve dans le volume de sécurité (2), les moyens de désactivation (60) déconnectent automatiquement le minimanche (20a), les manettes de gaz (20b) et le système (20c) de pilotage automatique, par exemple au moyen d'interrupteurs (60) 25 interrompant la liaison entre les moyens de commande (20a, 20b, 20c) et le calculateur de commandes de vol (21), de manière à ce que l'avion soit uniquement piloté par le dispositif de pilotage selon l'invention et soit donc forcé de suivre la trajectoire de dégagement (3) sans qu'il y ait 30 moyen de la contrecarrer.

Une fois l'avion (1) sorti du volume de sécurité (2), le dispositif reconnecte automatiquement lesdits moyens de commande (20a, 20b, 20c), dans ce cas en refermant les

interrupteurs (60), afin que le pilote puisse reprendre le contrôle de l'avion, par exemple manuellement.

De manière encore plus avantageuse, le dispositif 5 selon l'invention ne comporte pas de moyen destiné à le désactiver tel qu'un interrupteur de marche/arrêt par exemple.

Réciiproquement, le volume de sécurité (2) peut 10 également représenter un volume obligatoire. L'invention concerne donc aussi un dispositif de pilotage automatique dont le but est de maintenir l'aéronef (1) dans le volume de sécurité (2). Dans ce cas, les moyens de comparaison (43) du dispositif selon l'invention comportent des moyens 15 (44) pour fournir une trajectoire de réinsertion dans le volume de sécurité (2), et des moyens (45) pour - en fonctionnement - automatiquement envoyer des ordres au calculateur de commandes de vol (21) qui font automatiquement suivre à l'avion la trajectoire de 20 réinsertion dès que les moyens de comparaison (43) ont déterminé que l'avion (1) sort du volume de sécurité (2).

Selon un troisième aspect de l'invention, il s'agit 25 d'un système de pilotage automatique d'un aéronef (1), tel que décrit dans les revendications.

En résumé, la méthode de l'invention peut être décrite comme suit :

30 méthode consistant à comparer la position d'un aéronef (1) par rapport à au moins un volume de sécurité (2) dont les coordonnées sont mémorisées à bord de l'aéronef (1). Aussitôt qu'il est détecté que l'aéronef (1) pénètre dans

l'au moins un volume de sécurité (2), des moyens de pilotage automatique sont activés automatiquement - donc sans intervention humaine - et pilotent l'aéronef (1) selon une trajectoire de dégagement (3) du volume de sécurité (2), jusqu'à ce que l'aéronef (1) soit sorti du volume de sécurité (2).

## R E V E N D I C A T I O N S

- 
1. Méthode de pilotage automatique d'un aéronef (1) à bord duquel a été mémorisé un ensemble de coordonnées 5 déterminant au moins un volume de sécurité (2), caractérisée en ce que la méthode comporte les étapes suivantes :
- surveiller si l'aéronef (1) se trouve dans l'au moins un volume de sécurité (2) en comparant des coordonnées de 10 position de l'aéronef par rapport aux coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité;
  - fournir une trajectoire de dégagement (3) de l'au moins un volume de sécurité (2) et automatiquement activer des moyens de pilotage automatique de l'aéronef (1) selon 15 ladite trajectoire de dégagement (3) dès que l'aéronef se trouve dans l'au moins un volume de sécurité (2);
2. Méthode de pilotage automatique d'un aéronef (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que la méthode 20 comporte une étape supplémentaire consistant à enregistrer dans des moyens (52) de mémorisation à bord de l'aéronef l'ensemble des coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité (2);
- 25 3. Méthode de pilotage automatique d'un aéronef (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que une fois les moyens de pilotage automatique de l'aéronef (1) selon la trajectoire de dégagement (3) activés, tout autre moyen de pilotage est 30 automatiquement désactivé afin que ces autres moyens ne puissent pas modifier la trajectoire de l'aéronef tant que l'aéronef se trouve dans le volume de sécurité (2);

4. Méthode de pilotage automatique d'un aéronef (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que une fois les moyens de pilotage automatique de l'aéronef (1) selon la trajectoire de 5 dégagement (3) activés, ils ne peuvent plus être désactivés tant que l'aéronef (1) se trouve dans le volume de sécurité (2) ;

5. Méthode de pilotage automatique d'un aéronef (1) 10 à bord duquel a été mémorisé un ensemble de coordonnées déterminant au moins un volume de sécurité (2), caractérisée en ce que la méthode comporte les étapes suivantes :

- surveiller si l'aéronef (1) se trouve dans l'au moins un 15 volume de sécurité (2) en comparant des coordonnées de position de l'aéronef (1) par rapport aux coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité (2) ;
- fournir une trajectoire de réinsertion dans l'au moins 20 un volume de sécurité (2) et automatiquement activer des moyens de pilotage automatique de l'aéronef (1) selon ladite trajectoire de réinsertion dès que l'aéronef (1) sort de l'au moins un volume de sécurité (2) ;

6. Méthode de pilotage automatique d'un aéronef (1) 25 selon la revendication 5, caractérisée en ce que la méthode comporte une étape supplémentaire consistant à enregistrer dans des moyens (52) de mémorisation à bord de l'aéronef (1) l'ensemble de coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité (2) ;

30

7. Méthode de pilotage automatique d'un aéronef (1) selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, caractérisée en ce qu'une fois les moyens de pilotage

automatique de l'aéronef (1) selon la trajectoire de réinsertion activés, tout autre moyen de pilotage est automatiquement désactivé afin que ces autres moyens ne puissent pas modifier la trajectoire de l'aéronef (1) tant 5 que l'aéronef (1) ne se trouve pas dans le volume de sécurité (2);

8. Méthode de pilotage automatique d'un aéronef (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, 10 caractérisée en ce qu'une fois les moyens de pilotage automatique de l'aéronef (1) selon la trajectoire de réinsertion activés, ils ne peuvent plus être désactivés tant que l'aéronef (1) ne se trouve pas dans le volume de sécurité (2) ;

15

9. Dispositif de pilotage automatique d'un aéronef (1), l'aéronef étant équipé de moyens (21) de contrôle de trajectoire dudit l'aéronef, caractérisé en ce que le dispositif comporte :  
20 - des premiers moyens (41) de réception de coordonnées d'une position de l'aéronef (1),  
- des seconds moyens (42) de réception de coordonnées déterminant au moins un volume de sécurité (2),  
- des moyens de comparaison (43) des coordonnées de la 25 position de l'aéronef (1) et des coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité (2),  
- des moyens (44) pour fournir une trajectoire de dégagement (3) du volume de sécurité (2),  
- des moyens d'envoi d'ordres (45) aux moyens (21) de 30 contrôle de trajectoire, sous la dépendance desdits moyens de comparaison (43) et desdits moyens (44) pour fournir une trajectoire de dégagement (3),

tels que lorsque - en fonctionnement - les moyens de comparaison (43) ont déterminé que la position de l'aéronef (1) se trouve dans l'au moins un volume de sécurité (2), les moyens d'envoi d'ordres (45) envoient automatiquement 5 des ordres aux moyens (21) de contrôle de trajectoire faisant suivre à l'aéronef (1) la trajectoire de dégagement (3) du volume de sécurité (2).

10. Dispositif de pilotage automatique d'un aéronef  
10 (1) selon la revendication 9, caractérisé en ce que le dispositif comporte en outre des moyens (52) de mémorisation des coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité (2), fournissant - en fonctionnement - les coordonnées déterminant l'au moins un volume de 15 sécurité (2) aux premiers moyens (41) de réception ;

11. Dispositif de pilotage automatique d'un aéronef  
11 (1) selon l'une quelconque des revendications 9 à 10, caractérisé en ce que le dispositif comporte en outre des 20 moyens (51) de détermination des coordonnées de position de l'aéronef (1), fournissant - en fonctionnement - les coordonnées de position de l'aéronef (1) aux seconds moyens (42) de réception ;

25 12. Dispositif de pilotage automatique d'un aéronef  
25 (1) selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que le dispositif comporte en outre des moyens (60) de désactivation de tout autre moyen d'envoi 30 d'ordres aux moyens (21) de contrôle de trajectoire, ladite désactivation ayant lieu automatiquement - en fonctionnement - lorsque les moyens de comparaison (43) ont déterminé que la position de l'aéronef (1) se trouve dans l'au moins un volume de sécurité (2);

13. Système de pilotage automatique d'un aéronef (1), caractérisé en ce que le système comporte :

- des moyens (21) de contrôle de trajectoire dudit l'aéronef (1),
  - des premiers moyens (41) de réception de coordonnées d'une position de l'aéronef (1),
  - des seconds moyens (42) de réception de coordonnées déterminant au moins un volume de sécurité (2),
  - des moyens de comparaison (43) des coordonnées de la position de l'aéronef (1) et des coordonnées déterminant l'au moins un volume de sécurité (2),
  - des moyens (44) pour fournir une trajectoire de dégagement (3) du volume de sécurité (2),
  - des moyens d'envoi d'ordres (45) aux moyens (21) de contrôle de trajectoire, sous la dépendance desdits moyens de comparaison (43) et desdits moyens (44) pour fournir une trajectoire de dégagement (3),
- tels que lorsque - en fonctionnement - les moyens de comparaison (43) ont déterminé que la position de l'aéronef (1) se trouve dans l'au moins un volume de sécurité (2), les moyens d'envoi d'ordres (45) envoient automatiquement des ordres aux moyens (21) de contrôle de trajectoire faisant suivre à l'aéronef (1) la trajectoire de dégagement (3) du volume de sécurité (2).

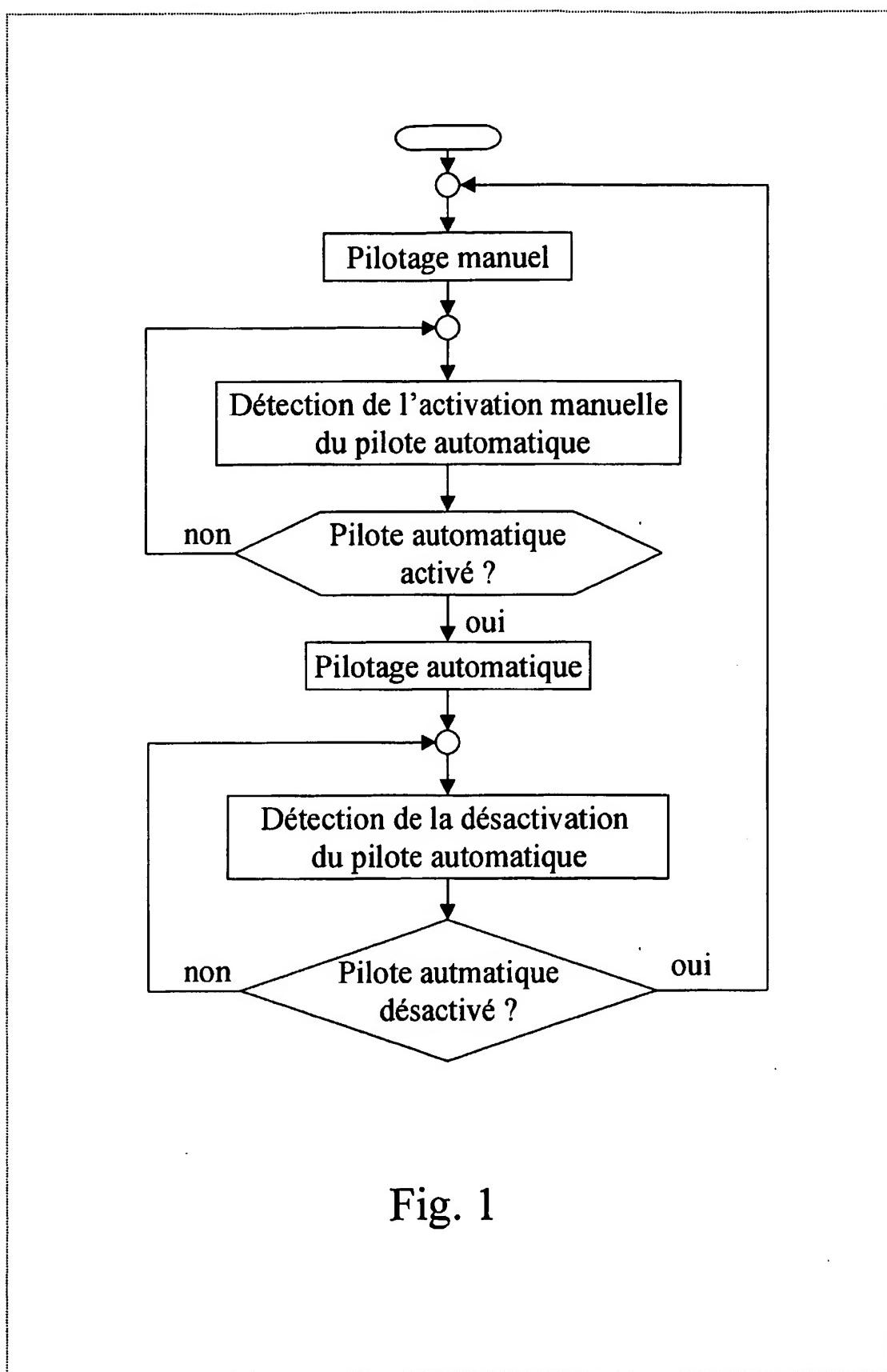


Fig. 1

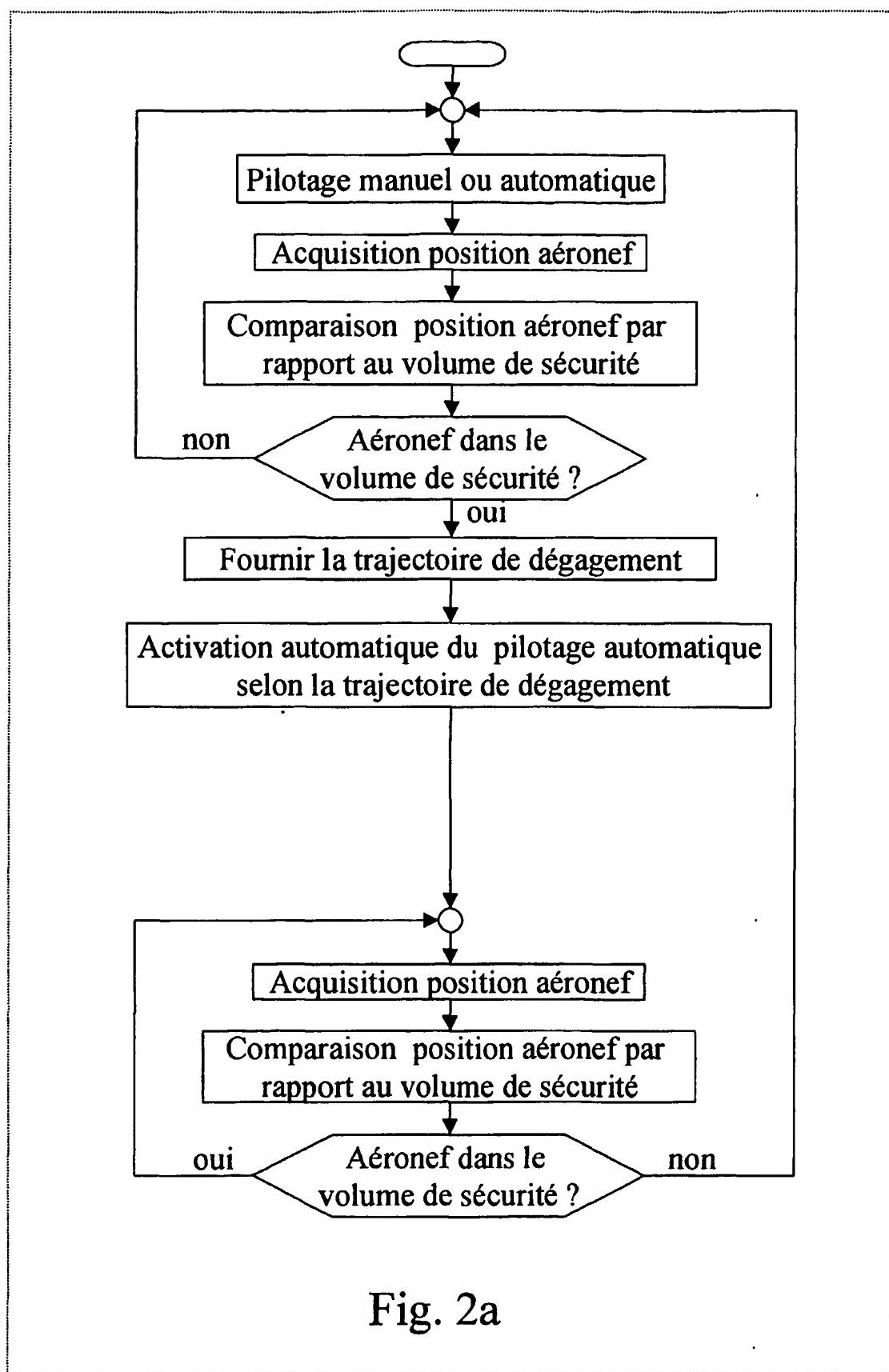


Fig. 2a

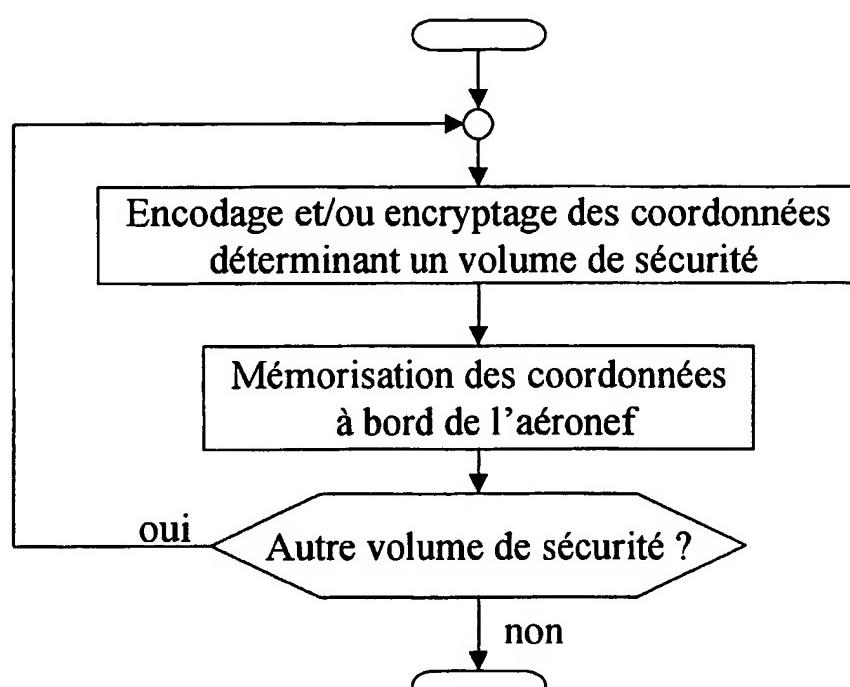


Fig. 2b

4/10

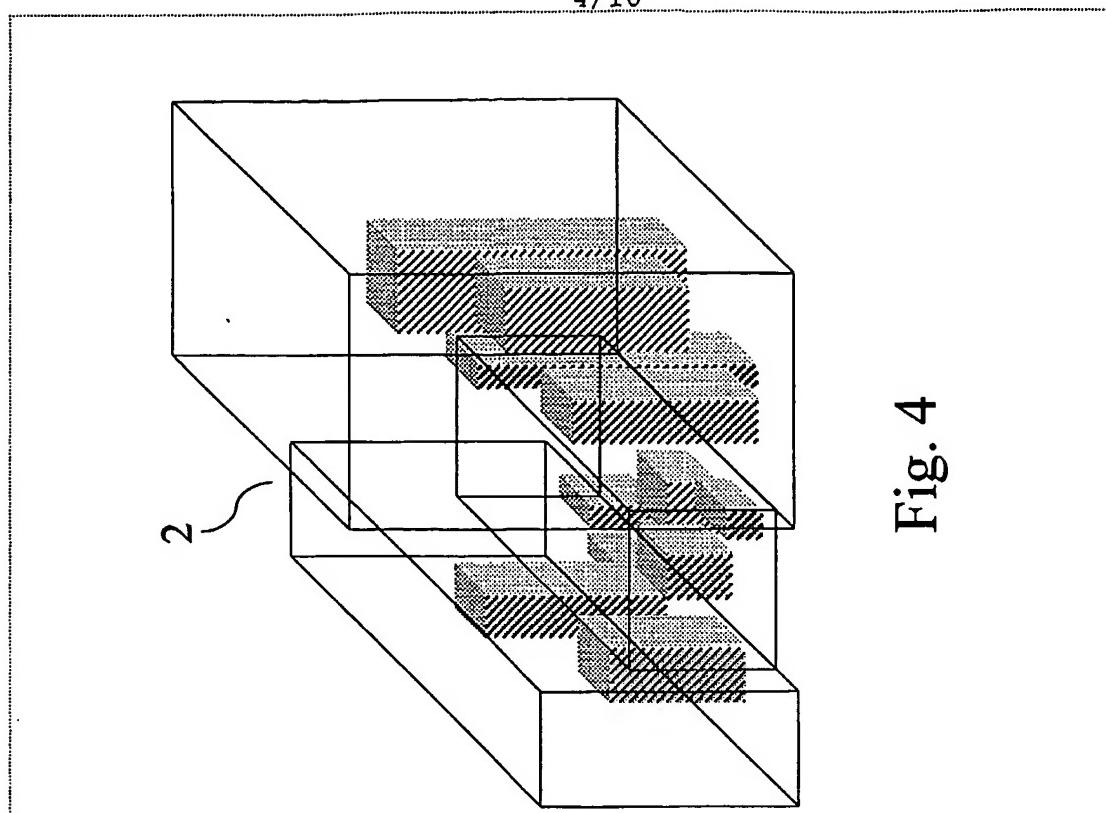


Fig. 4

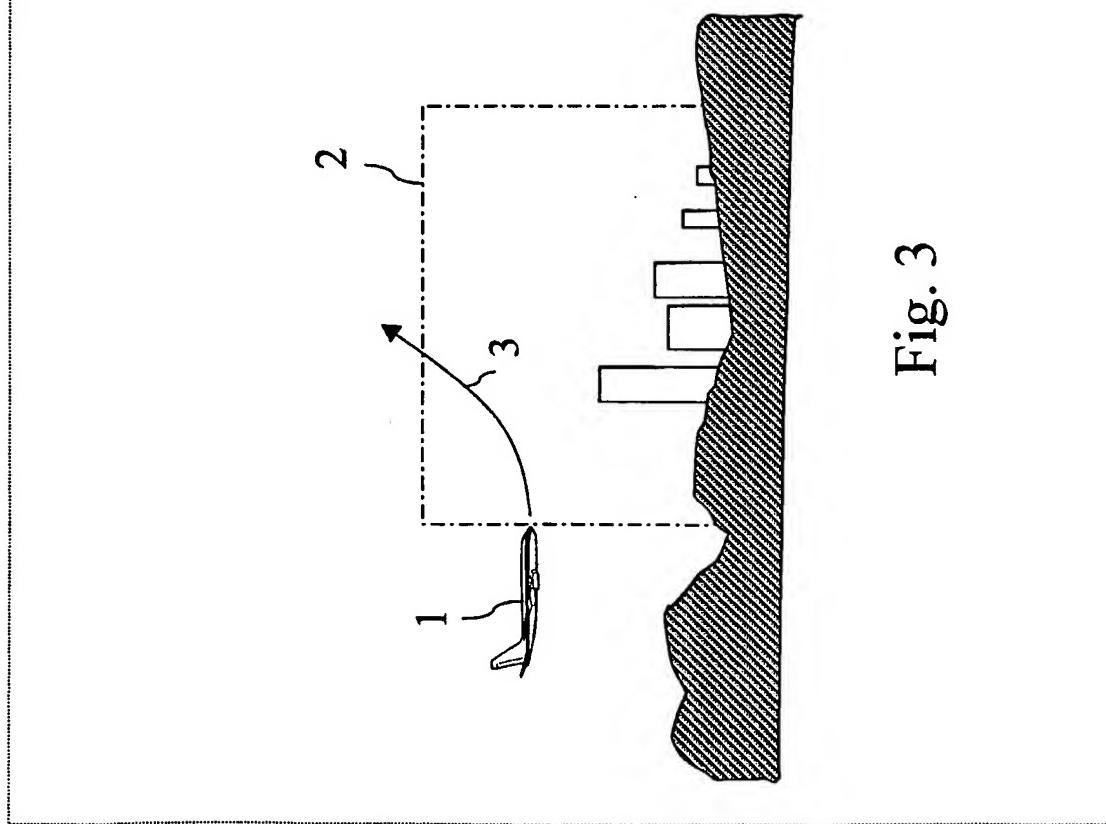


Fig. 3

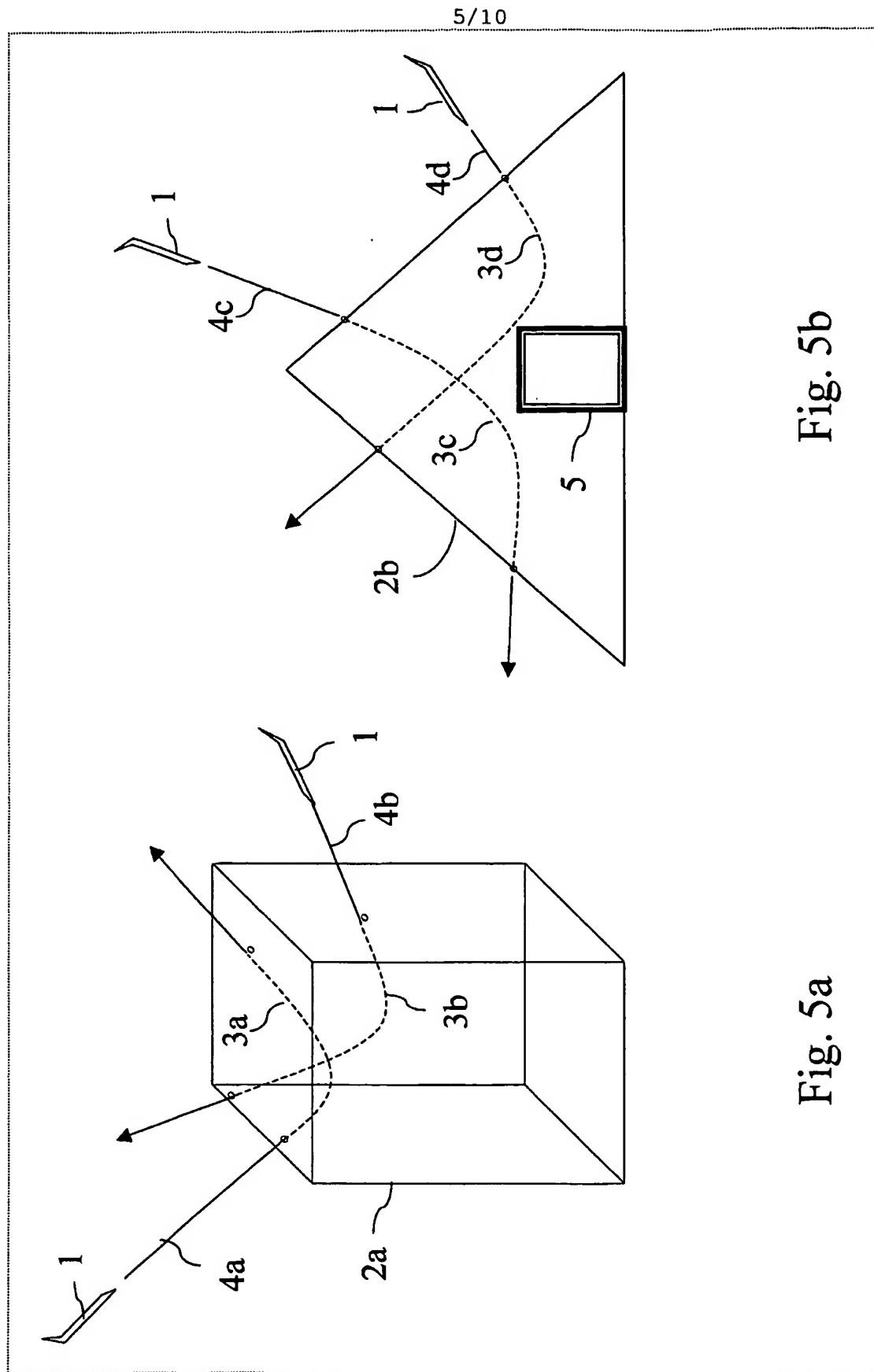
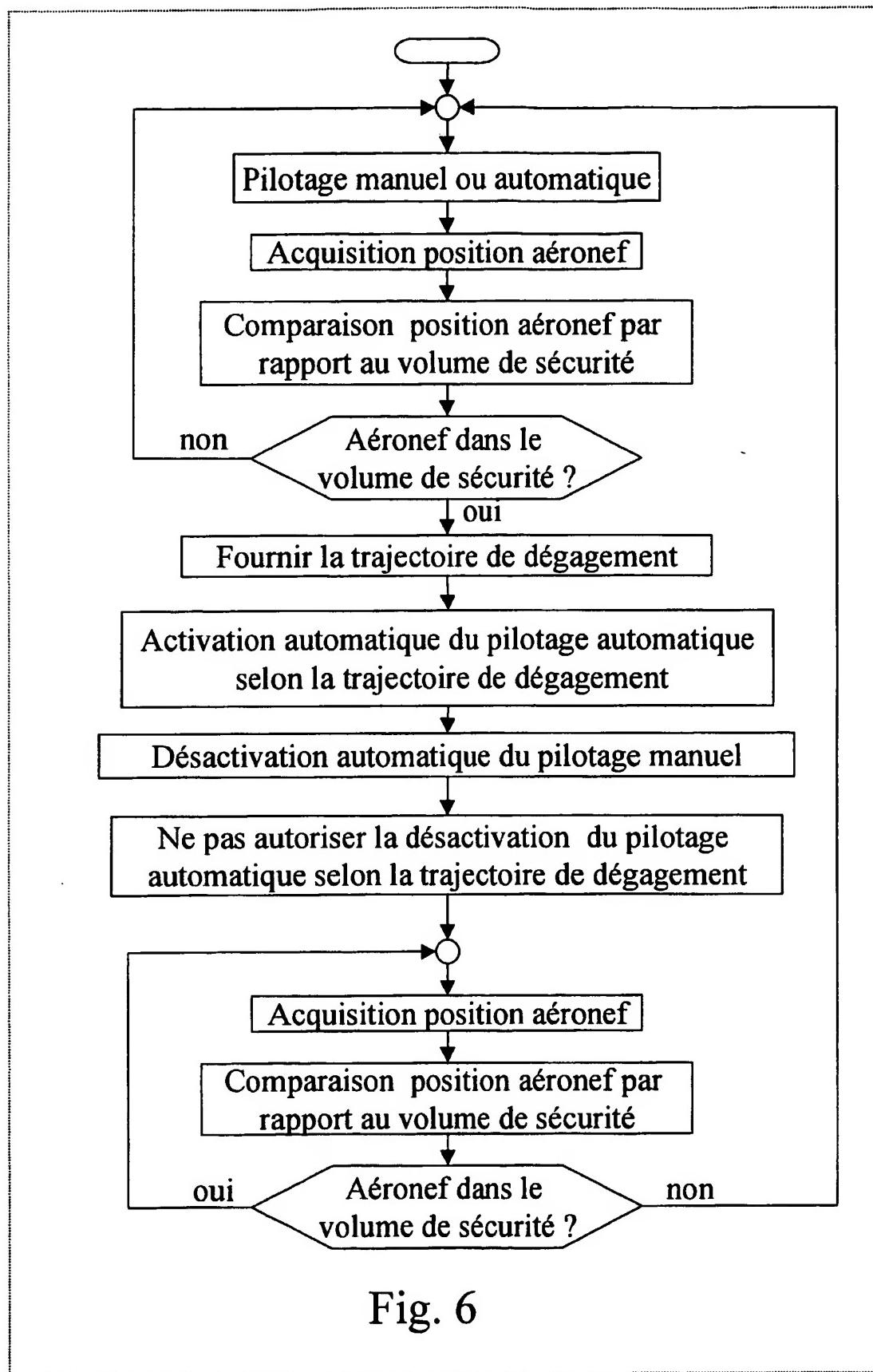


Fig. 5b

Fig. 5a



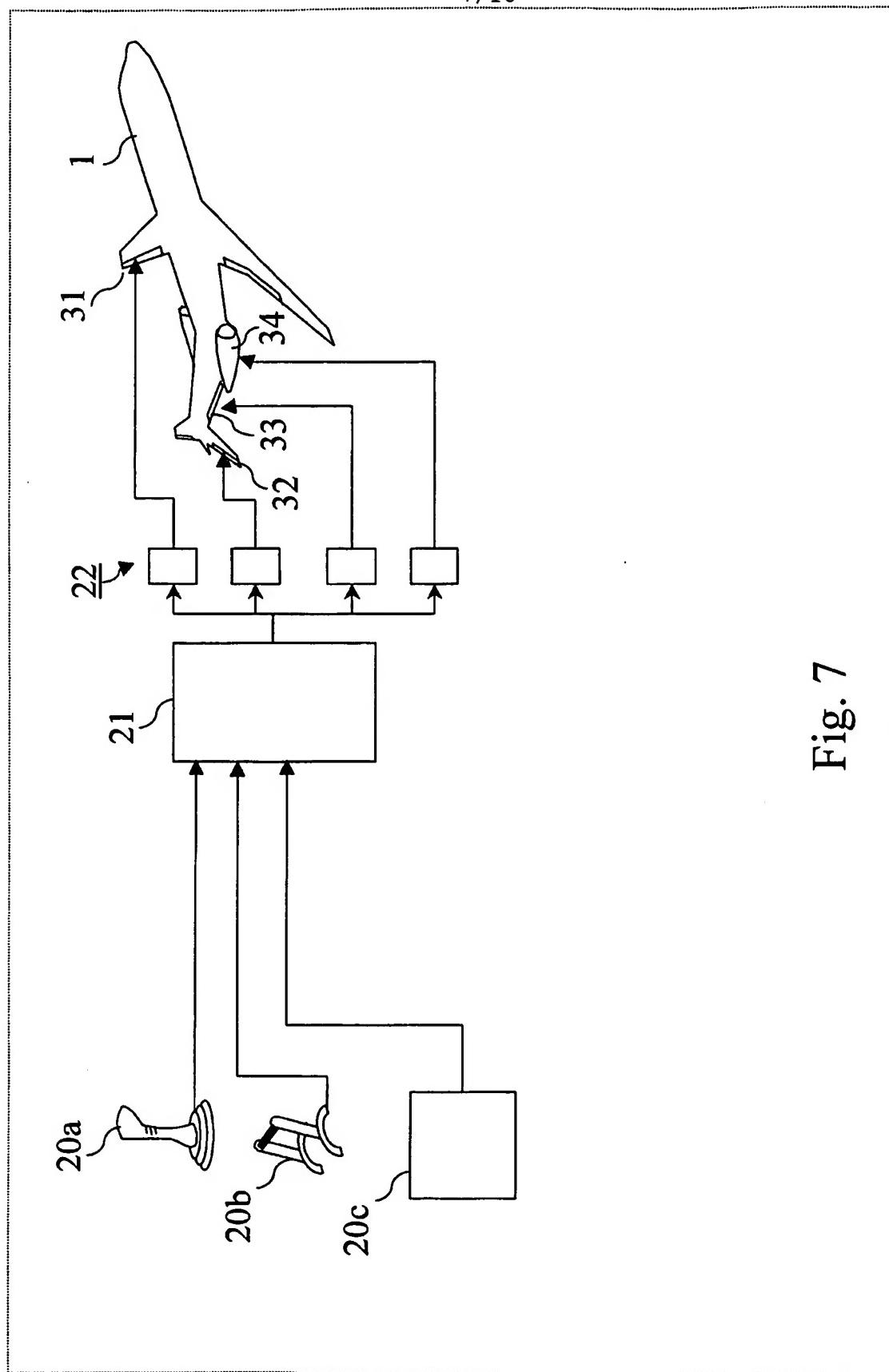


Fig. 7

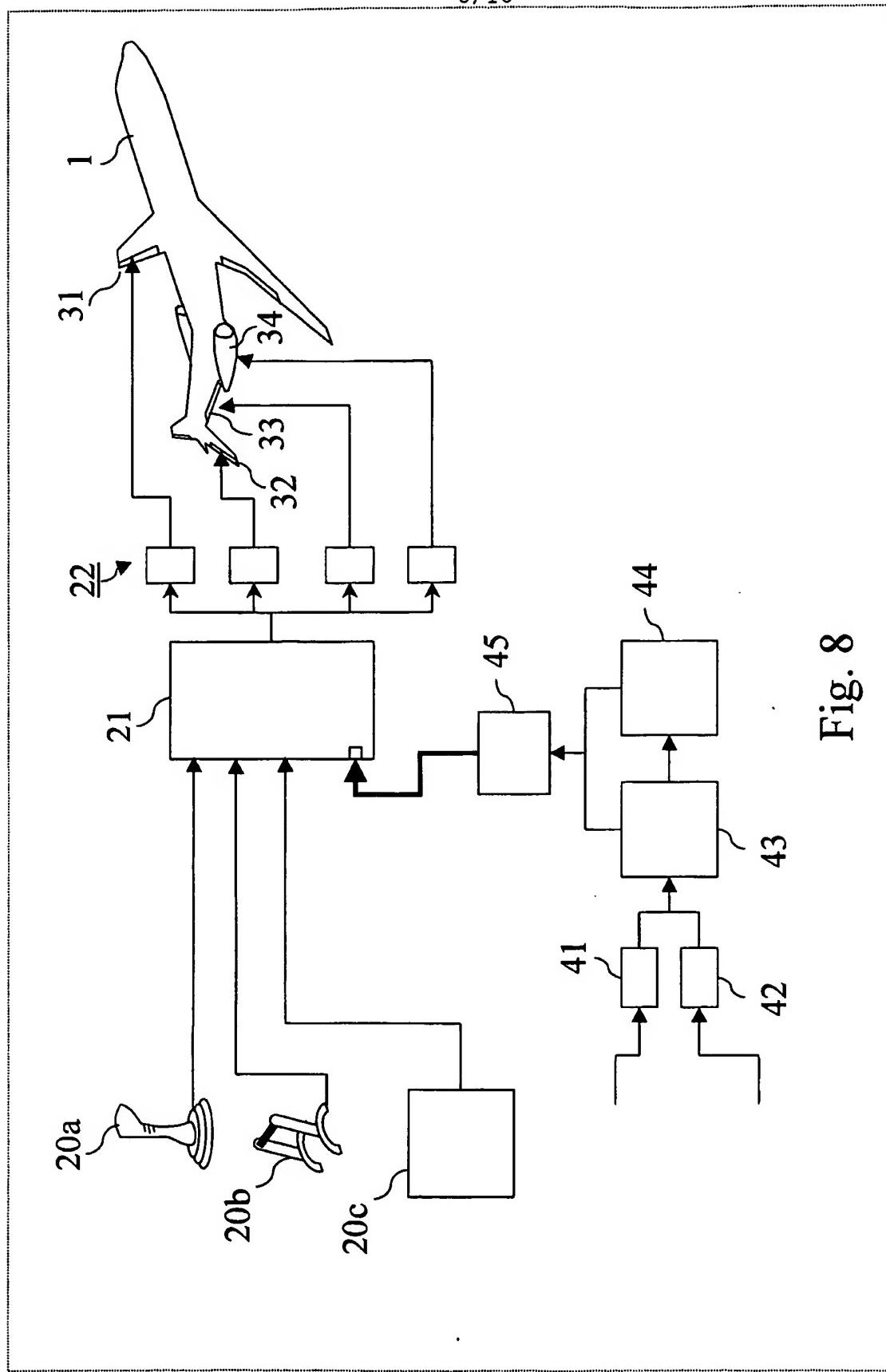


Fig. 8

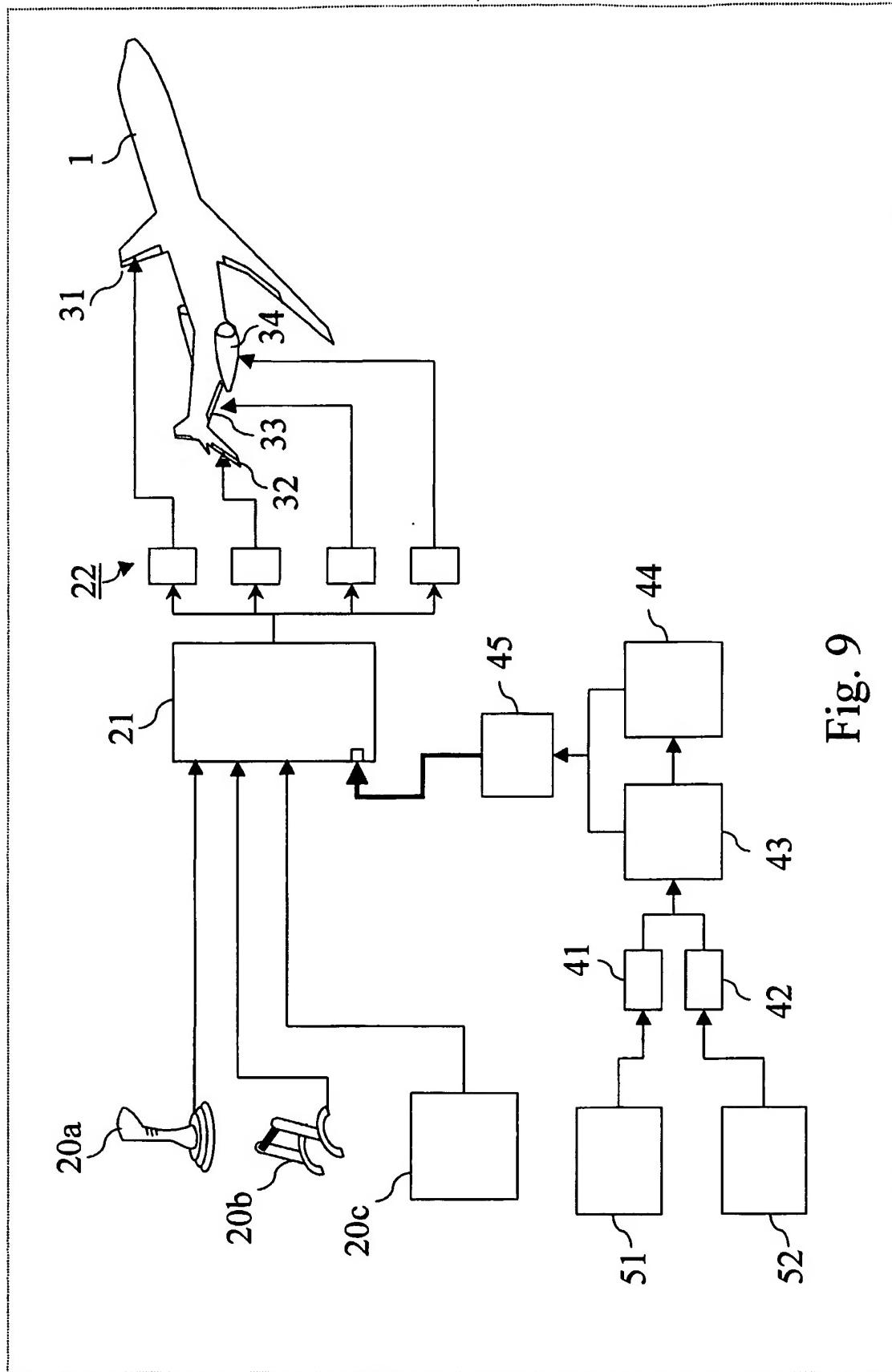


Fig. 9

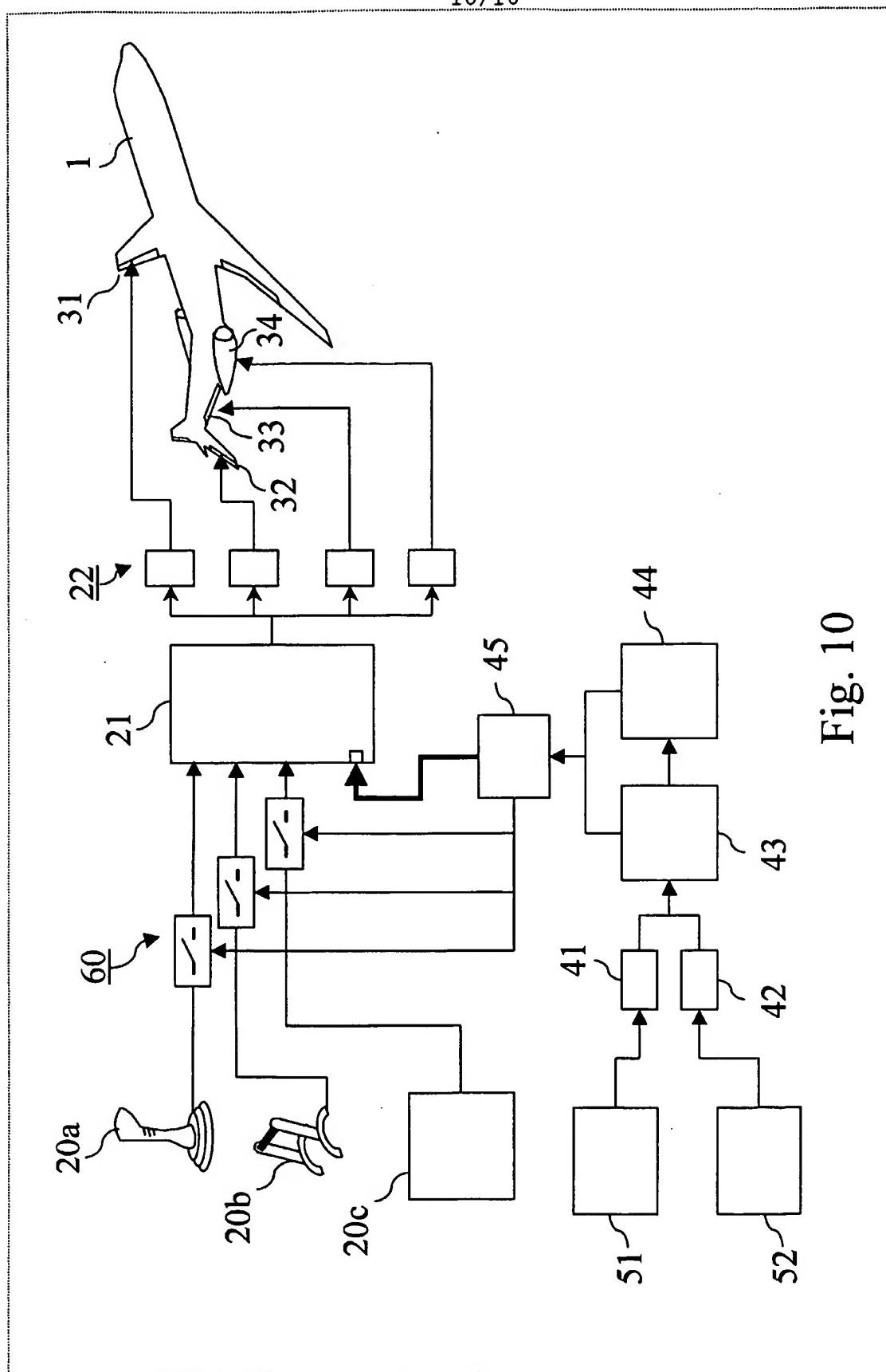


Fig. 10